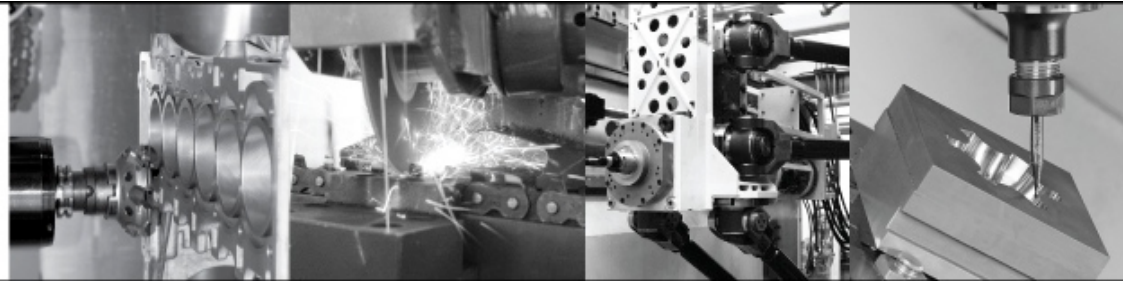




*Institut für Fertigungstechnik
und Hochleistungslasertechnik*



Condition Monitoring in der Pilotfabrik

Automatische Bewertung der Energieeffizienz und Produktivität von Werkzeugmaschinen

DI Matthias Hacksteiner

11.05.2016

IFT - Institut für Fertigungstechnik und Hochleistungslasertechnik

Vorstand: Univ.Prof. DI Dr. Friedrich Bleicher



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN





1 Einleitung und Motivation

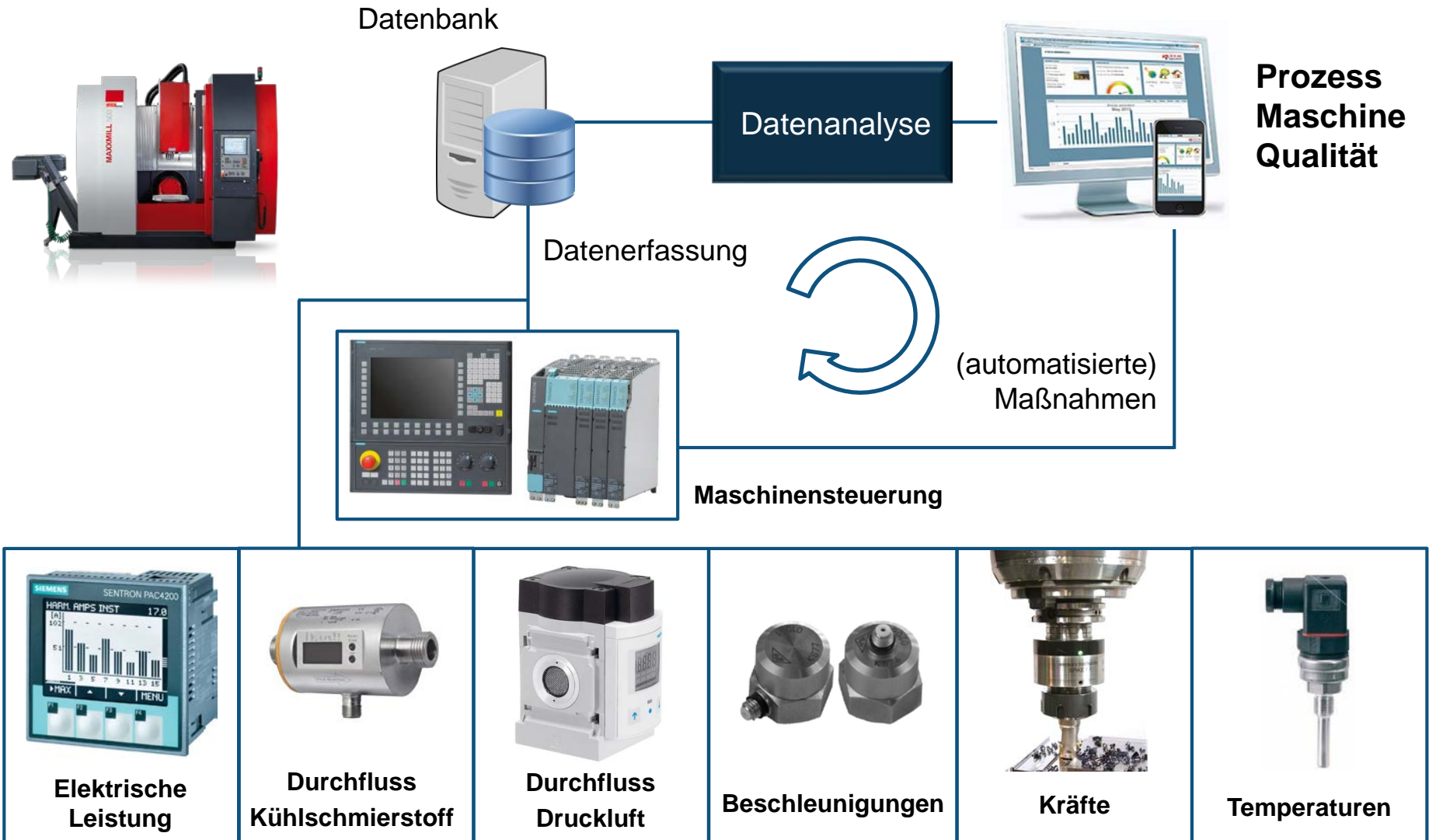
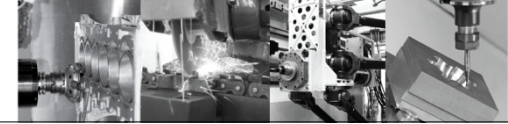
2 Methodik

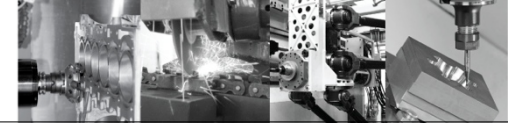
3 Versuchsaufbau

4 Ergebnisse

5 Zusammenfassung und Ausblick

Condition Monitoring - Prinzip





- Instandhaltung
 - präventive Wartung → prädiktive Instandhaltung (Prognose von Ausfällen)
- Qualität
 - Produktkontrolle → Prozessüberwachung
- Prozess
 - Effizienz
 - Produktivität

WORLD MACHINE TOOL PRODUCTION & CONSUMPTION



Quelle: Gardner Research, 2015 World Machine-Tool Output & Consumption Survey

- Methodik für die automatische Erhebung von **Energieeffizienz-** und **Produktivitäts-Kennzahlen** in Echtzeit basierend auf Maschinen-Monitoring



1 Einleitung und Motivation

2 **Methodik**

3 Versuchsaufbau

4 Ergebnisse

5 Zusammenfassung und Ausblick



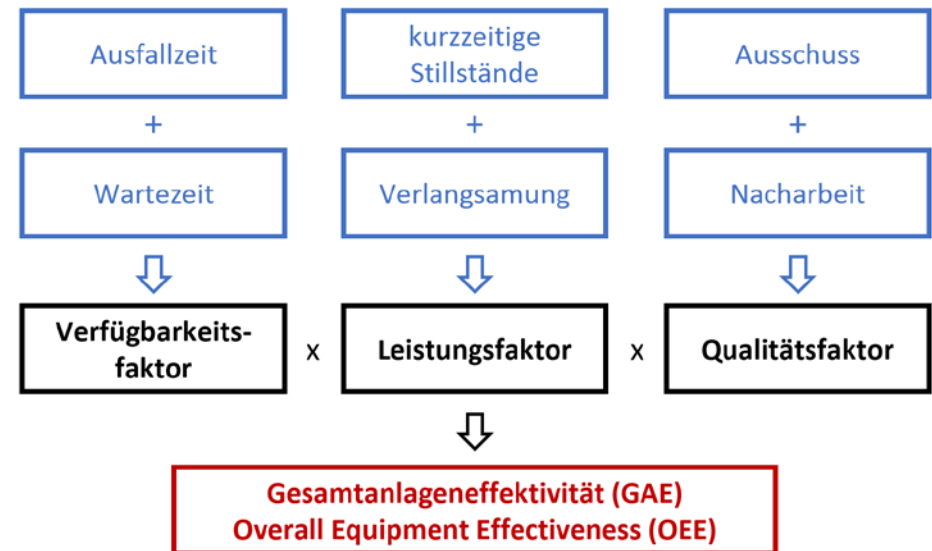
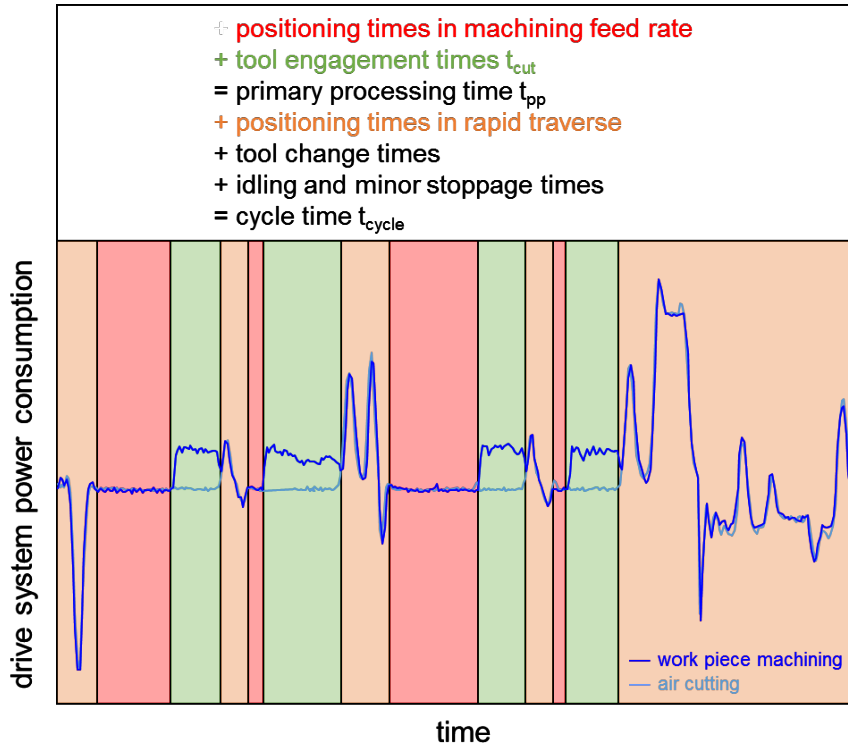
■ Produktivitäts-KPIs

- Taktzeit t_{cycle}
- Hauptzeit t_{pp}
- Werkzeugeingriffszeit t_{cut}

$$S_P = \frac{t_{pp}}{t_{\text{cycle}}}$$

$$S_{\text{cut}} = \frac{t_{\text{cut}}}{t_{pp}}$$

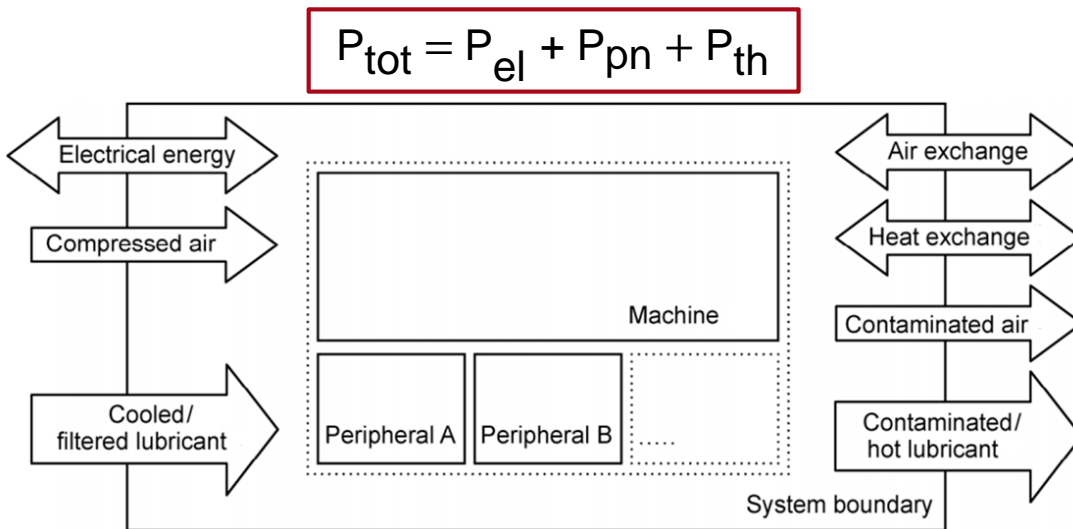
➤ Verfügbarkeits- und Leistungsfaktor





■ Energieeffizienz-KPIs

- Gesamtenergie pro Werkstück $E_{\text{tot}} = \int_0^{t_{\text{cycle}}} P_{\text{tot}} dt$
- Prozessenergie $E_P = \int_0^{t_{\text{pp}}} P_P dt$
- Prozesseffizienz $\eta_P = \frac{P_P}{P_{\text{tot}}}$

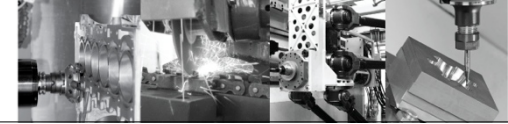


Quelle: ISO/DIS 14955-2, Environmental evaluation of machine tools - Part 2: Methods for measuring energy supplied to machine tools and machine tool components

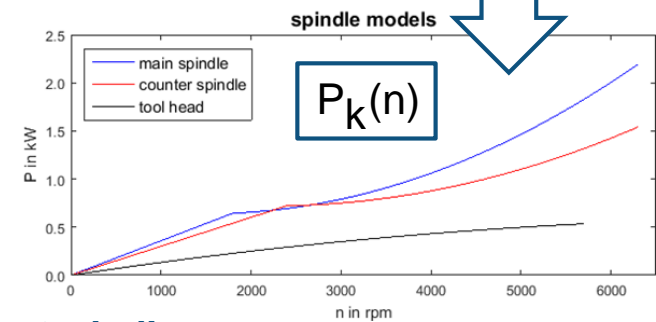
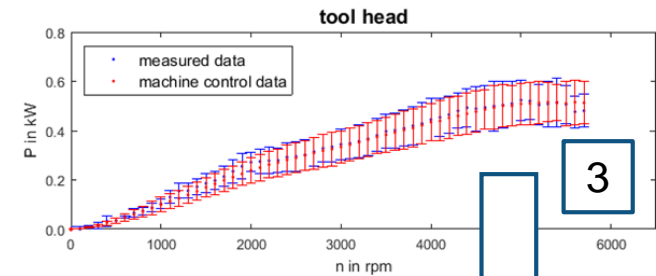
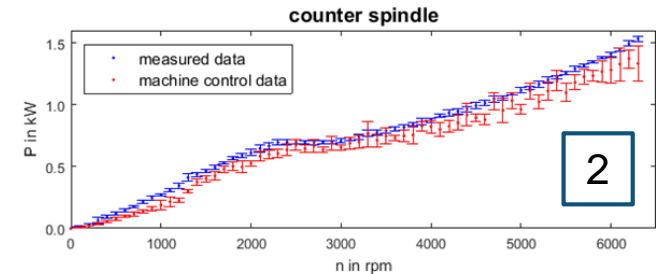
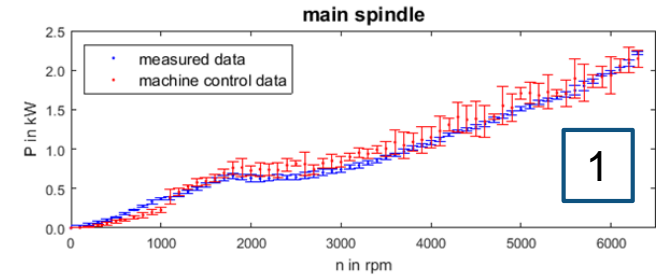
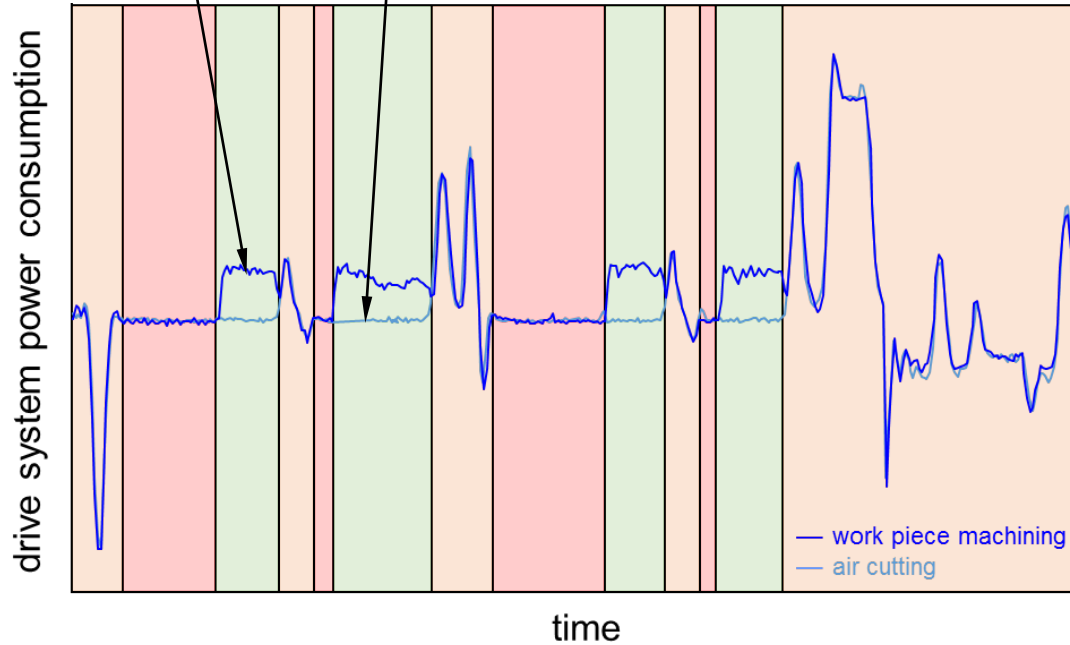
$$P_{\text{el}} = \sum_{i=1}^3 U_i I_i \cos(\varphi_i)$$

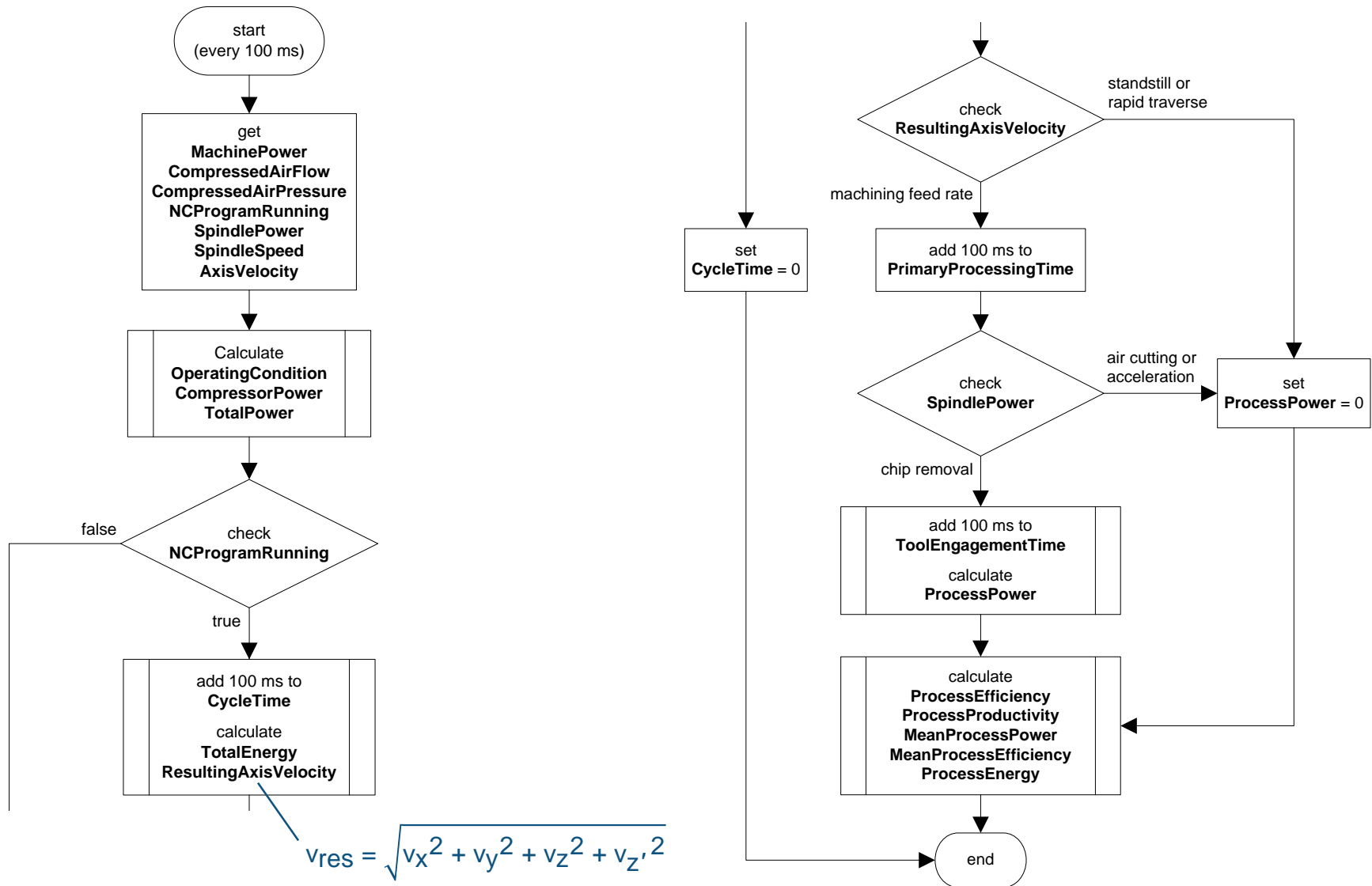
$$P_{\text{pn}} = \frac{\dot{V} \rho c_p T_1}{\eta_{\text{pn}}} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right]$$

$$P_{\text{th}} = -\dot{Q} = \frac{\dot{V} \rho c_p (T_2 - T_1)}{\eta_{\text{th}}}$$



$$P_P = P_{\text{loaded}} - P_{\text{unloaded}}$$





$$v_{res} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 + v_z',^2}$$



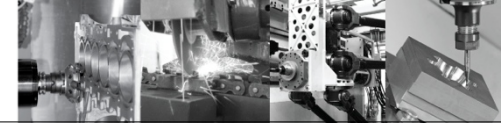
1 Einleitung und Motivation

2 Methodik

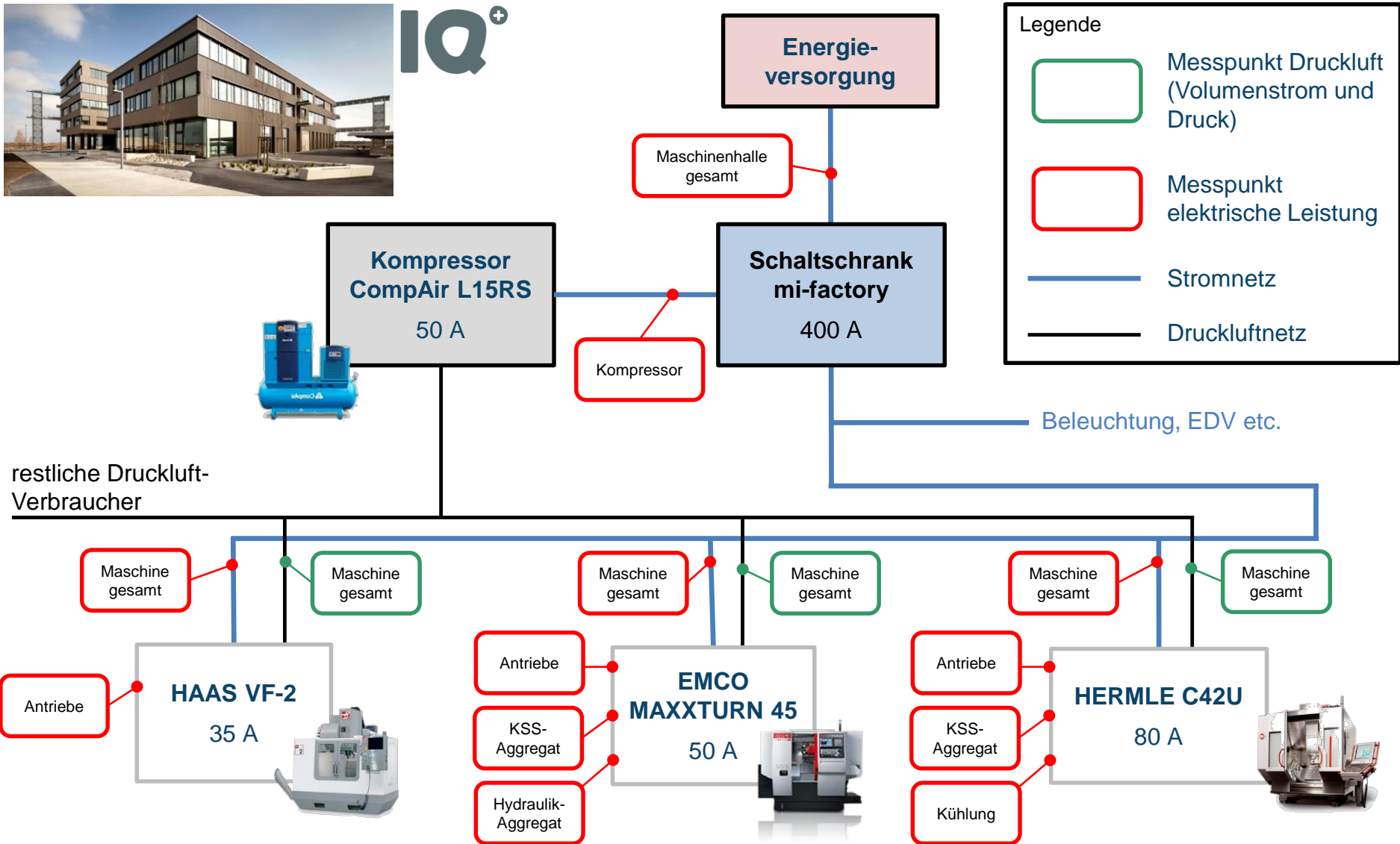
3 **Versuchsaufbau**

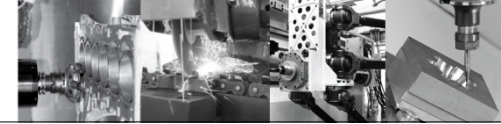
4 Ergebnisse

5 Zusammenfassung und Ausblick



IQ⁺





Gesamtleistung Maschinenhalle [kW] **1536**

Leistung Kompressor [kW] **3.44**

Details

15min-Mittelwerte

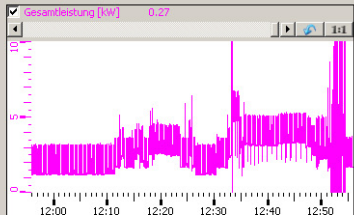
Daten-Export

EMCO MAXXTURN 45

Gesamtleistung [kW]

Details

0.27

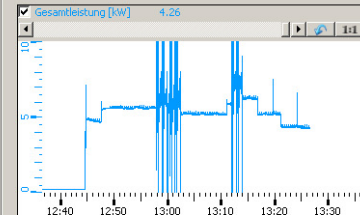


HERMLE C42U

Gesamtleistung [kW]

Details

4.26

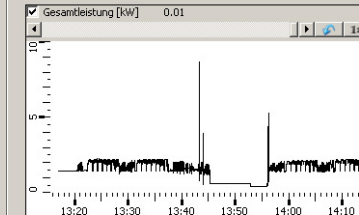


HAAS VF2

Gesamtleistung [kW]

Details

0.01



Mobiles Messsystem

PAC 1 [kW]

0.00

PAC 4 [kW]

0.00

PAC 2 [kW]

0.00

PAC 5 [kW]

0.00

PAC 3 [kW]

0.00

PAC 6 [kW]

0.00



Druckbandabsenkung

automatische Absenkung **TRUE**
 Systemdruck [bar] **754**

Betriebszustände

Hermle ■ Emco ■ Haas ■

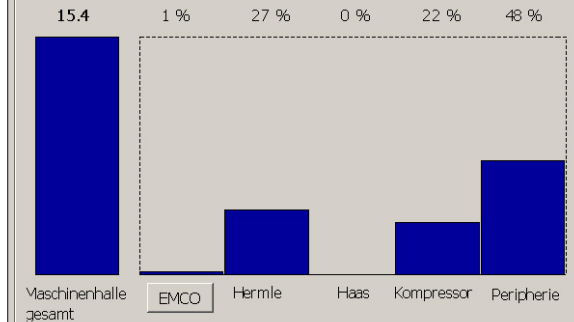
0) Aus
 1) Standby
 2) Betriebsbereit
 3) Bearbeitung

Diagramme

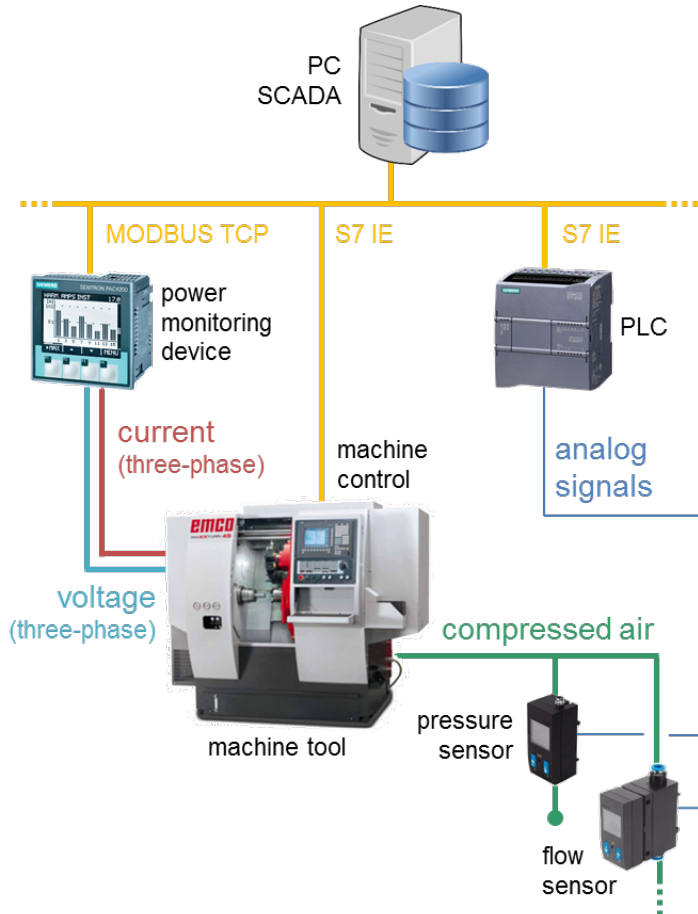
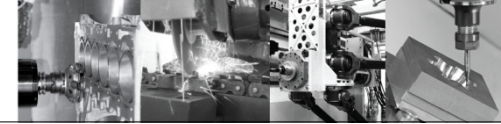
aktueller Tagesenergieverbrauch [kWh]

142.4

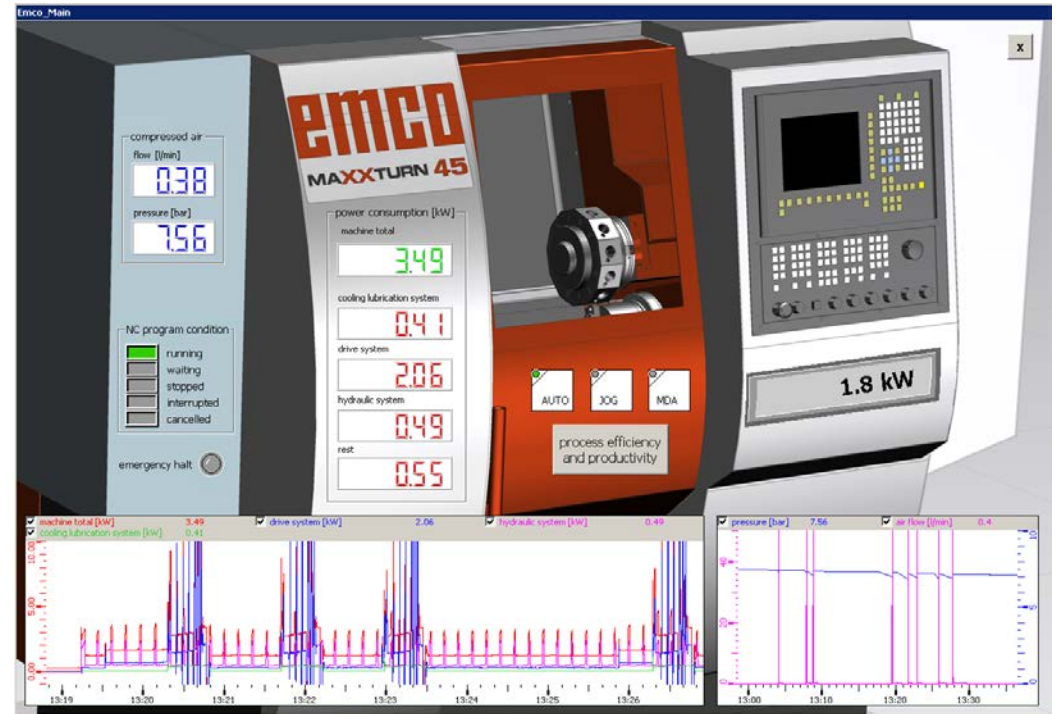
aktuelle Leistungsaufteilung [kW]

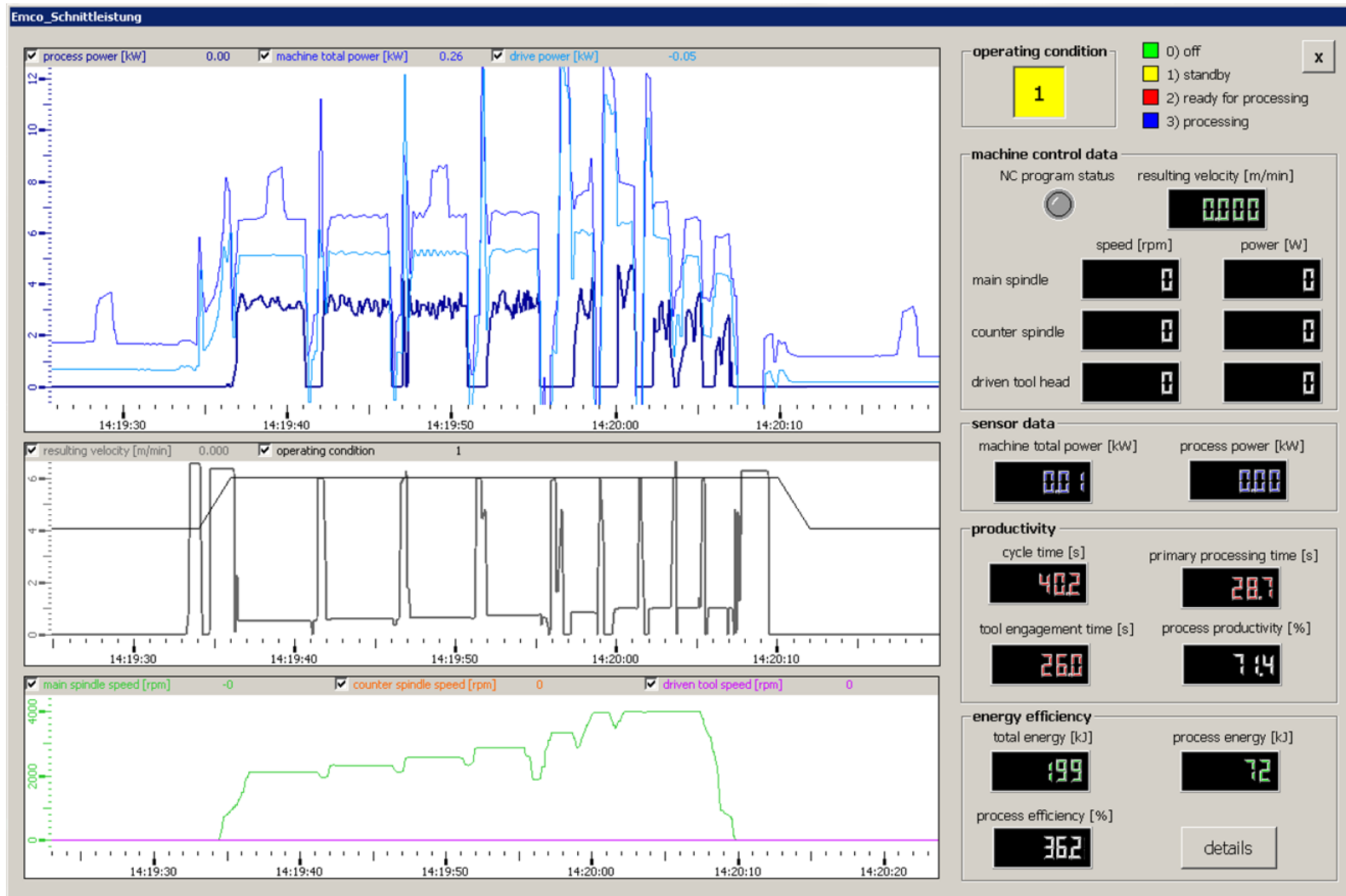


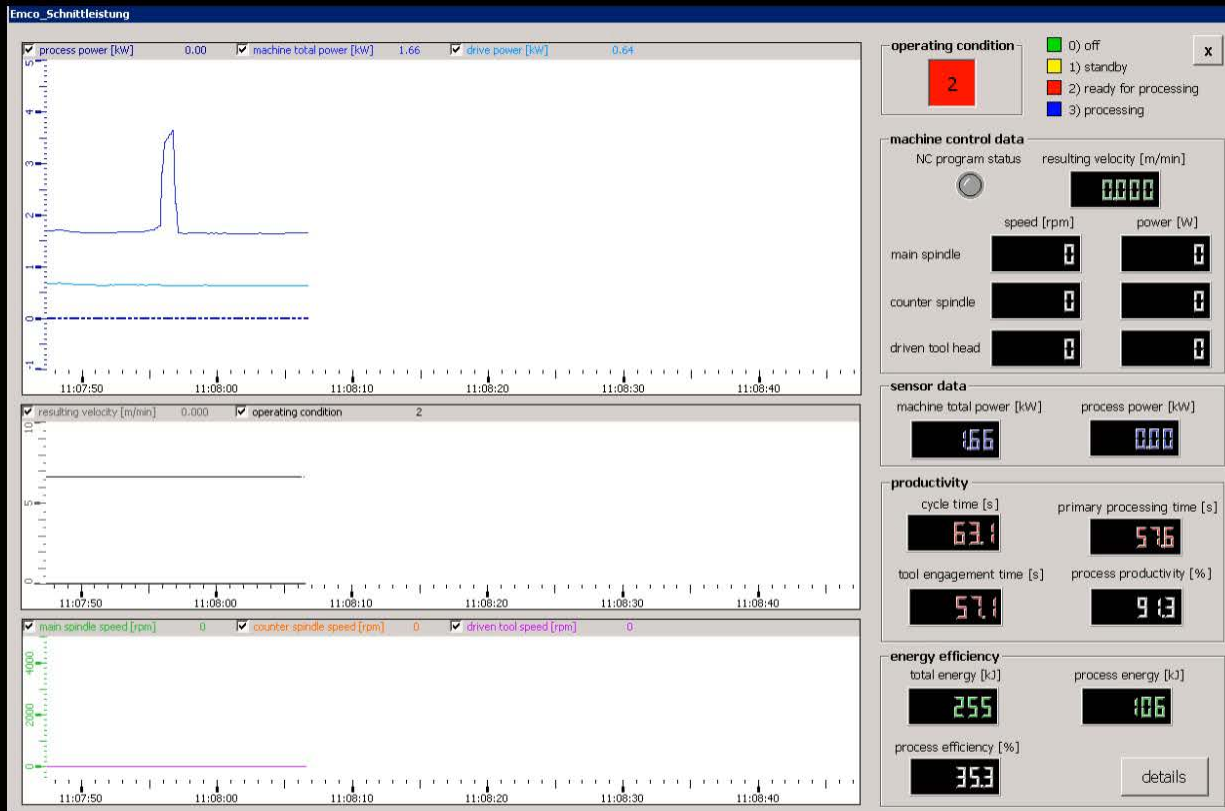
Maschinenmonitoring EMCO MAXXTURN 45



| | type | example | data block address |
|-------------------|-------|-----------------|--------------------|
| operation mode | bool | JOG | DB11.DBX6.2 |
| NC program status | bool | program running | DB21.DBX35.0 |
| speed | float | z-axis | DB250.DBD128F |
| active power | float | main spindle | DB250.DBD204F |









- 1 Einleitung und Motivation
- 2 Methodik
- 3 Versuchsaufbau
- 4 Ergebnisse
- 5 Zusammenfassung und Ausblick**

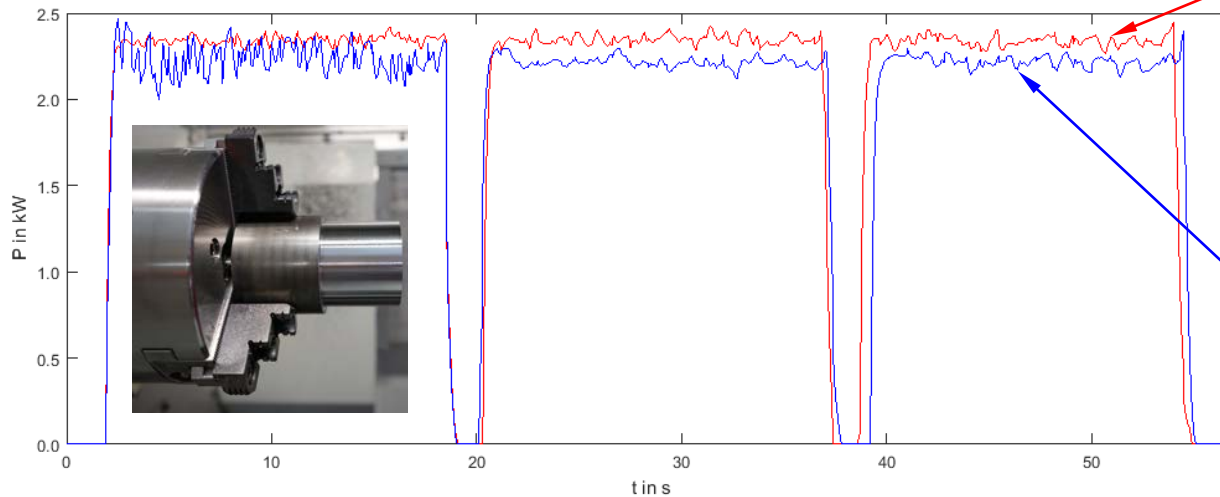


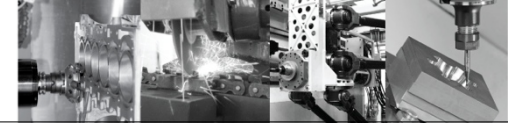
Monitoring von **Energieeffizienz-** und **Produktivitäts-KPIs**

- Bewusstseinsbildung von Maschinenbedienern und NC-Programmierern
- Benchmark verschiedener Maschinen mit ähnlichen Produktspektren
- Auswertung der Verfügbarkeits- und Leistungsverluste (OEE)

nächste Schritte:

- Erweiterung der Methodik um Qualitätsfaktor





sensorische
Werkzeugaufnahme



Rechner
Datenbank



sensorisches
Spannsystem



Prüfmittel



Sensor
Volumenstrom
Kühlschmierstoff

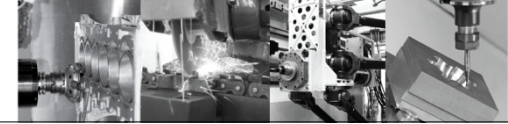


Sensor
Volumenstrom
Druckluft



Leistungs-
messgerät





Maschine



sensorische
Werkzeugaufnahme



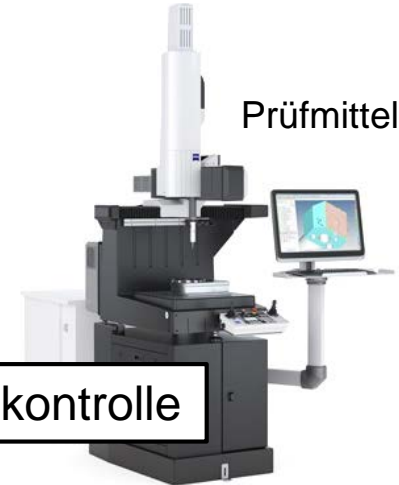
Rechner
Datenbank



sensorisches
Spannsystem



Prüfmittel



2) Qualitätskontrolle

Sensor
Volumenstrom
Kühlschmierstoff



Sensor
Volumenstrom
Druckluft



Leistungs-
messgerät





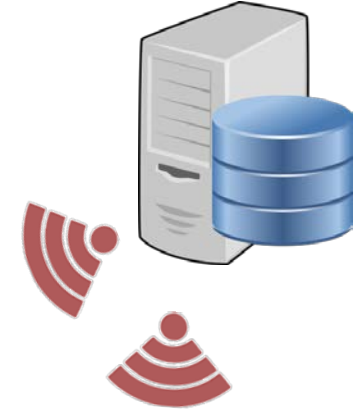
sensorische
Werkzeugaufnahme



sensorisches
Spannsystem



Rechner
Datenbank



Prüfmittel



Sensor
Volumenstrom
Kühlschmierstoff



Sensor
Volumenstrom
Druckluft



Leistungs-
messgerät





Institut für Fertigungstechnik und Hochleistungslasertechnik

Univ. Prof. DI Dr. Friedrich Bleicher

IFT – Institut für Fertigungstechnik und Hochleistungslasertechnik
Getreidemarkt 9 / 311
BA Hochhaus, 8.Stock
A-1060 Wien, Österreich

Matthias Hacksteiner

+43-1-58801-31120

hacksteiner@ift.at

www.ift.at

